

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-337500

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

G01N 21/88
G06T 7/00
G11B 5/455
H04N 7/18

(21)Application number : 10-143938

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 26.05.1998

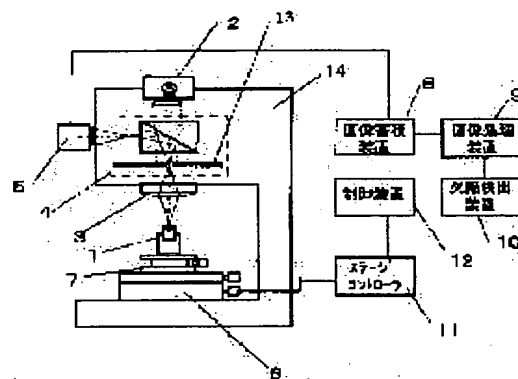
(72)Inventor : SOGABE YASUSHI

(54) INSPECTION METHOD AND MAGNETIC HEAD INSPECTING METHOD AND APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an image wherein a focal point is present on an entire inspection surface so as not to overlook the flaw of the surface of a magnetic head having a non-planar shape.

SOLUTION: A process for arranging a magnetic head 1, a moving process for moving a magnifying lens 3 in the optical axis direction thereof a plurality of times at the distance interval within the focal depth of the magnifying lens 3 in the optical axis direction of the magnifying lens 3, an image accumulating process taking the image of the magnetic head 1 at every movement to store the same in a memory device, an image forming process synthesizing an inspection image wherein the highest value of the brightness value of a noticeable pixel is set to the brightness value in the noticeable pixel and a flaw detecting process for detecting a defect from an inspected image are included.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.12.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非平面形状を有する検査面と拡大光学手段の相対位置を前記拡大光学手段の光軸方向に前記拡大光学手段の焦点深度以内の距離間隔で複数回移動する移動工程と、この移動工程による移動ごとに前記検査面の画像を撮像し記憶装置に記憶する画像蓄積工程と、前記記憶装置に記憶された複数枚の画像から前記検査面の検査画像を合成する画像作成工程と、前記検査画像から欠陥を検出する欠陥検出工程とを含む検査方法。

【請求項 2】 合焦点像のみ結像する共焦点光学系を有する拡大光学手段により、磁気ヘッドの非平面形状を有する検査面の欠陥を検出する検査方法であって、前記磁気ヘッドの検査面のギャップ近傍の法線方向と、前記拡大光学手段の光軸とが略一致する位置に、前記磁気ヘッドを設置する設置工程と、前記磁気ヘッドと前記拡大光学手段の相対位置を、前記拡大光学手段の光軸方向に、前記拡大光学手段の焦点深度以内の距離間隔で複数回移動する移動工程と、この移動工程による移動ごとに前記磁気ヘッドの画像を撮像し、記憶装置に記憶する画像蓄積工程と、この画像蓄積工程により得られた複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を、前記注目する画素における輝度値とする検査画像を合成する画像作成工程と、前記検査画像から欠陥を検出する欠陥検出工程とを含む磁気ヘッドの検査方法。

【請求項 3】 設置工程が、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッドの検査面の厚みが最小になる方向に、前記磁気ヘッドを設置する設置工程である請求項 2 記載の磁気ヘッドの検査方法。

【請求項 4】 拡大光学手段が切り換え可能な複数の拡大倍率手段を有し、磁気ヘッドの検査面の位置により、前記拡大倍率手段を切り換える倍率設定工程を設けた請求項 2 記載の磁気ヘッドの検査方法。

【請求項 5】 拡大光学手段が切り換え可能な複数の拡大倍率手段を有し、磁気ヘッドのギャップ近傍を拡大する場合に、最も高倍率の前記拡大倍率手段で拡大する倍率設定工程を設けた請求項 4 記載の磁気ヘッドの検査方法。

【請求項 6】 画像蓄積工程により得られた複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を取る画像に対応する移動工程における移動量を求めることにより、磁気ヘッドの検査面の形状を得る形状測定工程を設けた請求項 2 記載の磁気ヘッドの検査方法。

【請求項 7】 形状測定工程より得られた磁気ヘッドの検査面の形状と、前記磁気ヘッドの検査面の設計形状とを比較して形状差を検出する形状差演算工程と、この形状差演算工程により得られた前記形状差の大きさおよび前記形状差が生じた領域の大小の少なくとも一方により、前記磁気ヘッドの良否を判断する形状検査工程を設けた請求項 6 記載の磁気ヘッドの検査方法。

【請求項 8】 磁気ヘッドの非平面形状を有する検査面

の欠陥を検出する検査装置であって、前記磁気ヘッドの検査面を照明する照明手段と、前記磁気ヘッドの検査面の拡大像を得る拡大光学手段と、前記拡大光学手段の光路内に搭載され、合焦点像のみ結像する共焦点光学手段と、前記拡大光学手段の結像面に設置され、結像した像を光電変換して画像として出力する撮像手段と、前記磁気ヘッドの検査面のギャップ近傍の法線方向と、前記拡大光学手段の光軸とが略一致する位置に、前記磁気ヘッドを設置する設置手段と、前記磁気ヘッドと前記拡大光学手段の相対位置を、前記拡大光学手段の光軸方向に、前記拡大光学手段の焦点深度以内の距離間隔で移動させる移動手段と、この移動手段の移動ごとに、前記撮像手段により得られた複数枚の画像を蓄積する画像蓄積手段と、前記画像蓄積手段に蓄積された複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を、前記注目する画素における輝度値とする検査画像を合成する画像作成手段と、前記検査画像から欠陥を検出する欠陥検出手段を備えることを特徴とする磁気ヘッドの検査装置。

【請求項 9】 設置手段が、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッドの検査面の厚みが最小になる方向に、前記磁気ヘッドを設置する設置手段である請求項 8 記載の磁気ヘッドの検査装置。

【請求項 10】 拡大光学手段が、磁気ヘッドの検査面の拡大像を得る切り換え可能な複数の拡大倍率手段を有する請求項 8 記載の磁気ヘッドの検査装置。

【請求項 11】 画像蓄積手段に蓄積された複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を取る画像に対応する移動手段の移動量を求めることにより、磁気ヘッドの検査面の形状を得る形状測定手段を設けた請求項 8 記載の磁気ヘッドの検査装置。

【請求項 12】 形状測定手段より得られた磁気ヘッドの検査面の形状と、前記磁気ヘッドの検査面の設計形状とを比較して形状差を検出する形状差演算手段と、前記形状差演算手段により得られた前記形状差の大きさおよび前記形状差が生じた領域の大小の少なくとも一方により、前記磁気ヘッドの良否を判断する形状検査手段を設けた請求項 11 記載の磁気ヘッドの検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、検査方法、磁気ヘッドの検査方法および検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 回転型磁気テープ記録装置に搭載された磁気ヘッドは、磁気テープと接触し摺動しながら信号の記録再生を行う。良好な記録再生を行うためには、磁気テープと接触する摺動面の状態が最も重要である。そのため、磁気ヘッドの摺動面に欠けや割れなどがいないかを検査することが必要である。

【0003】

以下、磁気ヘッドの構造を示し、検査する

部位について説明する。図13が磁気ヘッドのヘッドチップ49の形状を示した図である。図13の(a)が斜視図であり、図13の(b)が、ヘッドチップ49を、Z方向から観察した平面図である。磁気ヘッドはこのようなチップが、ベース(図示せず)に取り付けられている。48の部分がギャップといわれる信号を記録する部位である。

【0004】ここで、磁気ヘッドの検査、いわゆる外観検査は、図13の(b)の部位48を平面にみる方向から磁気ヘッドの摺動面を観察し欠陥の有無を検査するのである。外観検査は、従来は作業員が磁気ヘッドの摺動面を顕微鏡を通して目視で観察し欠陥の有無を判別していた。

【0005】この作業は終日顕微鏡を通しての検査作業のため、作業者の多大な疲労を生じさせる。また見落とし等の人的エラーにより、欠陥品を出荷してしまう可能性があった。さらには、検査の熟練にも限界があり、単位作業者あたりの検査個数にも限界があった。そこで画像処理による方法が検討されている。微小な磁気ヘッドを画像処理を用いて検査する場合には、検査する面を拡大して撮像することが必要なため、テレビカメラを顕微鏡などの高倍率の拡大光学系に装着して撮像を実施する。ところが、拡大光学系の焦点の合う領域すなわち焦点深度は、一般に倍率が高いほど浅くなるため、観測したい面を拡大光学系の焦点深度位置内に正確に位置決めしなければ、良好な画像が撮像できないという問題があった。その問題を改善するために、オートフォーカス装置付きの顕微鏡などを用いて位置決めを正確かつ高速に行う方法が実用化されている。ところが、一般にオートフォーカス装置は検査面の1領域の距離にピントを合わせるように機能する。したがって、図13の(a)に示したように、検査面が鞍型形状のような非平面形状をしている場合には、検査面の全面でピントを合わせることが困難である。

【0006】このような問題を解決する方法として、特開平5-312553号公報には、検査物体の検査面に正対して撮像するカメラに加えて、面と平行な方向から検査物体の位置を検出し、検査面がカメラにほぼ正対する方向に制御する方法が示されている。また一方、磁気ヘッドの外観検査工程は、一般にヘッド組立工程の最終検査として行われることが多く、最終チェックとして外観上の欠陥ばかりでなく、検査面の形状も測定したいという要望があった。しかし、外観検査工程では形状を測定することはなかった。別工程でヘッドの検査面の形状を測定する方法としては、図14に示したように、検査面上に等高線に対応する干渉縞50を発生させて、干渉縞の位置を測定することにより測定する方法が行われている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記したよ

うな従来例において、第1に、特開平5-312553号公報に示した従来例では、対象物がほぼ平面である場合には有効な方法である。しかし、回転型磁気ヘッドのように、検査面が鞍型のような非平面の場合は、検査面の一部と拡大光学系をほぼ正対させたとしても画像として撮像可能な領域内で、すでに平面ではなくなる。そのため、画像の一部の領域で焦点が合っていたとしても、同一画像内の他の領域では焦点が合わず、微小な欠陥を見のがしてしまう可能性がある。

【0008】たとえば、拡大倍率50倍の対物レンズを用いて $100 \times 100 \mu\text{m}$ の領域を撮像したとすると、ここで、磁気ヘッドの検査面の曲率半径を2mmとすると、撮像する領域内での非平面量、すなわち対物レンズの光軸方向の検査面の厚みは、 $2.49 \mu\text{m}$ となる。ところが、拡大倍率50倍の対物レンズの焦点深度は、レンズ種類にもよるが一般に $0.4 \mu\text{m} \sim 1 \mu\text{m}$ 程度であり、画像内の全体では焦点が合わないという問題点を有する。

【0009】第2に、撮像する領域を極めて狭くすることにより、撮像領域内での磁気ヘッドの検査面の非平面量を少なくして、焦点深度以内とし、画像全体で焦点のあった画像を得ることも可能である。しかし、一般に領域を狭くするためには、高倍率での観測が必要であるが、それに伴い焦点深度は浅くなってしまい、結局焦点の合わない領域が出てくる可能性がある。さらに高倍率にすると視野が狭くなり磁気ヘッドの検査面全面を一度にとらえることは困難となり、撮像する画像の枚数が増え検査時間の増大につながる。特に、複数のギャップを有するような磁気ヘッドの場合には、検査時間の短縮化のために複数のギャップを有する検査面を一度に撮像しようとする、非平面量が極めて大きくなり、従来の方法では焦点の合った画像を得ることは不可能であった。

【0010】第3に、磁気ヘッドの形状は、鞍型すなわち摺動方向と摺動方向に直交する方向にそれぞれ曲率をもつ。ところが、特開平5-312553号公報に示した方法では、位置決め用カメラは、磁気ヘッドを、摺動方向に直交する方向から観測することになり、摺動方向の形状は測定できても、摺動方向に直交する方向の形状は測定することができない。

【0011】また、形状を測定するために干渉縞を用いる方法を外観検査工程に導入すると、外観検査用の画像とともに、干渉縞を発生させた画像を撮像しなければならない。さらに、生じた干渉縞を解析するための複雑な縞画像解析を別途行う必要があり、多くの検査時間が必要になるという問題点を有する。さらに、欠陥検査に加えて、形状も検査項目に加えることができれば、欠陥の種類や状態を判別するのに有効であり、欠陥分析に有効であるという要望もあった。

【0012】この発明は、上記課題に鑑み、非平面形状を有する磁気ヘッドの表面の欠陥を見逃すことのないよ

うに検査面全面で焦点のあった画像を得ることができる検査方法、磁気ヘッドの検査方法および装置を提供することを第1の目的とする。第2の目的は、検査が量産現場で行われるため、画像の撮像枚数をできるだけ少なくし、短い時間で画像を撮像し検査することができる検査方法、磁気ヘッドの検査方法および装置を提供することである。

【0013】第3の目的は、外観検査と同時に形状の測定も行うことにより、形状自体の検査を可能とするばかりでなく、欠陥検査の結果と形状とを同時に分析することにより、欠陥の種類、状態の判別を可能とすることができる検査方法、磁気ヘッドの検査方法および装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の検査方法は、非平面形状を有する検査面と拡大光学手段の相対位置を拡大光学手段の光軸方向に拡大光学手段の焦点深度以内の距離間隔で複数回移動する移動工程と、この移動工程による移動ごとに検査面の画像を撮像し記憶装置に記憶する画像蓄積工程と、記憶装置に記憶された複数枚の画像から検査面の検査画像を合成する画像作成工程と、検査画像から欠陥を検出する欠陥検出工程とを含むものである。

【0015】請求項1記載の検査方法によれば、画像作成工程により得られた画像の全面で焦点の合った画像となり、欠陥検出工程において、焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。したがって、検査面が平面でない磁気ヘッド等の欠陥検査を正確に行なえる。請求項2記載の磁気ヘッドの検査方法は、合焦点像のみ結像する共焦点光学系を有する拡大光学手段により、磁気ヘッドの非平面形状を有する検査面の欠陥を検出する検査方法であって、磁気ヘッドの検査面のギャップ近傍の法線方向と、拡大光学手段の光軸とが略一致する位置に、磁気ヘッドを設置する設置工程と、磁気ヘッドと拡大光学手段の相対位置を、拡大光学手段の光軸方向に、拡大光学手段の焦点深度以内の距離間隔で複数回移動する移動工程と、移動工程による移動ごとに磁気ヘッドの画像を撮像し、記憶装置に記憶する画像蓄積工程と、この画像蓄積工程により得られた複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を、注目する画素における輝度値とする検査画像を合成する画像作成工程と、検査画像から欠陥を検出する欠陥検出工程とを含むものである。

【0016】請求項2記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項1と同様に画像作成工程により得られた画像の全面で焦点の合った画像となり、欠陥検出工程において、焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。さらに、移動工程による移動方向を、拡大光学手段の光軸方向をギャップ近傍の法線方向に一致させたため、単一のギャップを有する磁気ヘッドにおいては、画像の撮

像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。

【0017】請求項3記載の磁気ヘッドの検査方法は、請求項2において、設置工程が、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッドの検査面の厚みが最小になる方向に、磁気ヘッドを設置する設置工程としたものである。請求項3記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項2と同様に、撮像された画像の全面で焦点の合った画像を得ることができ、欠陥検出時に焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。それとともに、単独の磁気ヘッドに複数のギャップを有する場合に、拡大光学手段の光軸方向の磁気ヘッドの検査面の厚みを最小にする位置に磁気ヘッドを設置することにより、画像の撮像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。したがって、磁気ヘッドが複数のヘッドチップを有する場合でも、拡大光学手段の光軸方向の検査面の厚みを最小にする方向に、磁気ヘッドを設置することにより、最小の画像枚数で検査のための画像を得ることができ、検査時間の短縮を図ることができる。

【0018】請求項4記載の磁気ヘッドの検査方法は、請求項2において、拡大光学手段が切り換え可能な複数の拡大倍率手段を有し、磁気ヘッドの検査面の位置により、拡大倍率手段を切り換える倍率設定工程を設けたものである。請求項4記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項2と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査領域における欠陥対象の大きさに応じて拡大倍率を変えることにより、検査領域に最適な倍率で検査のための画像が得られるため、微小な欠陥の見逃しを防ぐことができるとともに、画像の枚数を少なくすることができる。

【0019】請求項5記載の磁気ヘッドの検査方法は、請求項2において、拡大光学手段が切り換え可能な複数の拡大倍率手段を有し、磁気ヘッドのギャップ近傍を拡大する場合に、最も高倍率の拡大倍率手段で拡大する倍率設定工程を設けたものである。請求項5記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項2と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査面上で最も小さい欠陥を検出する必要のあるギャップ近傍を撮像する場合に高倍率を用いて詳細な分解能の画像を取得し、他の領域では低倍率を用いて、広い領域を一度に撮像することにより、検査のために必要な画像の撮像枚数を減らし、撮像時間を短縮することが可能である。

【0020】請求項6記載の磁気ヘッドの検査方法は、請求項2において、画像蓄積工程により得られた複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を取る画像に対応する移動工程における移動量を求めることにより、磁気ヘッドの検査面の形状を得る形状測定工程を設けたものである。請求項6記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項2と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査のための画像を作成すると同時に磁気ヘッドの形状も同時に得ることができ、検査の表

面状態ばかりでなく、形状も検査することが可能となり、より厳密な検査が可能となる。

【0021】請求項7記載の磁気ヘッドの検査方法は、請求項6において、形状測定工程より得られた磁気ヘッドの検査面の形状と、磁気ヘッドの検査面の設計形状とを比較して形状差を検出する形状差演算工程と、この形状差演算工程により得られた形状差の大きさおよび形状差が生じた領域の大小の少なくとも一方により、磁気ヘッドの良否を判断する形状検査工程を設けたものである。

【0022】請求項7記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項6と同様な効果のほか、磁気ヘッドを測定して得られた形状と設計形状とを比較し、形状差の大小と形状差の生じた領域の大きさも同時に得ることができる。そのため、本来の加工誤差による形状差であるか、検査中に付着したゴミなどによるノイズによるものなのかを判別することが可能である。さらに、形状差のデータと画像欠陥データを用いて、欠陥の分析を行うことも可能である。したがって、磁気ヘッドの形状の検査時に形状差の特徴から、ほこりなどのノイズによる影響を除去することにより、誤判定の少ない形状検査を行うことが可能となった。また磁気ヘッドの形状の検査と検査面の外観の検査から、欠陥の種類や状態を推定することが可能となった。

【0023】請求項8記載の磁気ヘッドの検査装置は、磁気ヘッドの非平面形状を有する検査面の欠陥を検出する検査装置であって、磁気ヘッドの検査面を照明する照明手段と、磁気ヘッドの検査面の拡大像を得る拡大光学手段と、拡大光学手段の光路内に搭載され、合焦点像のみ結像する共焦点光学手段と、拡大光学手段の結像面に設置され、結像した像を光電変換して画像として出力する撮像手段と、磁気ヘッドの検査面のギャップ近傍の法線方向と、拡大光学手段の光軸とが略一致する位置に、磁気ヘッドを設置する設置手段と、磁気ヘッドと拡大光学手段の相対位置を、拡大光学手段の光軸方向に、拡大光学手段の焦点深度以内の距離間隔で移動させる移動手段と、この移動手段の移動ごとに、撮像手段により得られた複数枚の画像を蓄積する画像蓄積手段と、画像蓄積手段に蓄積された複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を、注目する画素における輝度値とする検査画像を合成する画像作成手段と、検査画像から欠陥を検出する欠陥検出手段を備えることを特徴とするものである。

【0024】請求項8記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、画像作成手段により得られた画像の全面で焦点の合った画像を得ることができ、欠陥検出手段において焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。さらに、移動手段による移動方向を、拡大光学手段の光軸方向と、ギャップ近傍の法線方向に略一致させたため、単一のギャップを有する磁気ヘッドにおいては、画像の撮像

枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。

【0025】請求項9記載の磁気ヘッドの検査装置は、請求項8において、設置手段が、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッドの検査面の厚みが最小になる方向に、磁気ヘッドを設置する設置手段である。請求項9記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項8と同様な効果のほか、撮像された画像の全面で焦点の合った画像を得ることができ、欠陥検出手段において焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。また、単独の磁気ヘッドに複数のギャップを有する場合において、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッドの検査面の厚みを最小とする方向に、磁気ヘッドを設置する設置手段を有することにより、画像の撮像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。

【0026】請求項10記載の磁気ヘッドの検査装置は、請求項8において、拡大光学手段が、磁気ヘッドの検査面の拡大像を得る切り換え可能な複数の拡大倍率手段を有するものである。請求項10記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項8と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査面上の場所により拡大倍率を切り換えることができ、検査面の場所における欠陥対象の大きさに応じて、最適な拡大倍率を用いることが可能となり、微小な欠陥の見逃しを防ぐことができるとともに、画像の枚数を少なくすることができる。

【0027】請求項11記載の磁気ヘッドの検査装置は、請求項8において、画像蓄積手段に蓄積された複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を取る画像に対応する移動手段の移動量を求めることにより、磁気ヘッドの検査面の形状を得る形状測定手段を設けたものである。請求項11記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項8と同様な効果のほか、磁気ヘッドの形状も同時に得ることができ、検査の表面状態ばかりでなく、形状も検査することが可能となり、より厳密な検査が可能となる。

【0028】請求項12記載の磁気ヘッドの検査装置は、請求項11において、形状測定手段より得られた磁気ヘッドの検査面の形状と、磁気ヘッドの検査面の設計形状とを比較して形状差を検出する形状差演算手段と、形状差演算手段により得られた形状差の大きさおよび形状差が生じた領域の大小の少なくともいずれか一方により、磁気ヘッドの良否を判断する形状検査手段を設けたものである。

【0029】請求項12記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項11と同様な効果のほか、測定して得られた磁気ヘッドの形状と設計形状とを比較することにより、形状差の大小と形状差の生じた領域の大きさも同時に得ることができる。そのため、本来の加工誤差による形状差であるか、検査中に付着したゴミなどによるノイズによるものなのかを判別することが可能である。さら

に、形状差のデータを、欠陥検査手段に送ることにより、欠陥の分析も可能である。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、この発明の第1の実施の形態について、図1から図4を参照しながら説明する。図1は、この発明の第1の実施の形態の磁気ヘッドの検査装置の概略図である。図1において、1が、検査対象の磁気ヘッドである。磁気ヘッド1の検査面は非平面形状を有する。2が、照明手段であるところの照明装置である。磁気ヘッド1の検査面を照明する。3が拡大光学手段（装置）であるところの対物レンズである。磁気ヘッド1の検査面の拡大像を得る。4が、内部に微小の穴を多数有する円盤13を内蔵する共焦点光学手段である。拡大光学手段の光路内に搭載され、合焦点像のみ結像する。共焦点光学手段4の機能については、後述する。5が、磁気ヘッド1を撮像する撮像手段であるところのテレビカメラである。拡大光学手段の結像面に設置され、結像した像を光電変換して画像として出力する。6が、磁気ヘッド1のXY平面上での位置を調整する設置手段であるところのXYステージである。磁気ヘッド1の検査面のギャップ近傍の法線方向と、拡大光学手段の光軸とが略一致する位置に、磁気ヘッド1を設置する。とくに、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッド1の検査面の厚みが最小になる方向に、磁気ヘッド1を設置する。7が、磁気ヘッド1のZ方向の位置を移動する移動手段であるところのZステージである。磁気ヘッド1と拡大光学手段の相対位置を、拡大光学手段の光軸方向に、拡大光学手段の焦点深度以内の距離間隔で移動させる。8が、テレビカメラ5から送られた画像を蓄積する画像蓄積手段であるところの画像蓄積装置である。移動手段の移動ごとに、撮像手段により得られた複数枚の画像を蓄積する。9が、画像作成手段であるところの画像処理装置である。画像蓄積手段8に記憶された画像を用いて処理を行うもので、画像蓄積手段に蓄積された複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値を、注目する画素における輝度値とする検査画像を作成する。10が、欠陥検出手段であるところの欠陥検査装置である。9の画像処理装置から得られた画像から欠陥の有無を判別し、欠陥を検出する。11がステージコントローラであり、6のXYステージ、および7のZステージを駆動する。12が制御装置であり、装置全体の装置の動作を制御する働きを有する。14が、光学系を内蔵する筐体である。

【0031】図2は、この発明の磁気ヘッドの検査装置の動作を説明するための模式図である。図1と重複するものについては説明を省略する。17が対象物であり、磁気ヘッド1の検査面を円錐にモデル化して示している。15が対物レンズ3の焦点が、対象物17の表面に合っている場合の光路を示している。16が対物レンズ3の焦点が、対象物17の表面に合っていない場合の光

路を示している。

【0032】図3は、共焦点光学系と測定対象の位置を説明するための模式図である。図2と重複するものについては説明を省略する。20a、20b、20c、20dのそれぞれ矩形領域が、対物レンズ3の焦点の合う空間上の領域を示し、初期に20aの領域であったのが、矢印18の方向に対象物17が移動するにつれて、20b、20c、20dの位置に移動する。

【0033】図4は、図3のテレビカメラ5により撮像された画像の説明図である。図4の(a)の撮像画像1が、図3の20aの領域に焦点があう時に得られた画像である。以下、(b)の撮像画像2が20b、(c)の撮像画像3が20c、(d)の撮像画像4が20dに対応する。(e)の合成画像は、(a)の撮像画像1、

(b)の撮像画像2、(c)の撮像画像3、(d)の撮像画像4から得られた合成画像である。

【0034】以下、図1、図2、図3、図4および図13を用いて第1の実施の形態の磁気ヘッドの検査装置の動作を説明する。まず最初に、図2、図3、図4を用いて、共焦点光学手段4による撮像方法について説明する。図2において、対物レンズ3の焦点が、対象物17の先端に合っている場合には、光線15のように、先端の像は、円盤13の穴を通過することができ、テレビカメラ5に結像することができる。ところが、対物レンズ3の焦点が合わない場合には、光線16に示したように、光線が円盤13の穴を透過できず、テレビカメラ5に像を結像することができない。したがって焦点の合った領域だけの像が観測されることになる。

【0035】そのため、図3のように、焦点が20aの領域に合っている場合には、対象物17の表面と領域20aとが空間上で重なる部分のみ像を結ぶことができる。したがって、対物レンズ3の焦点距離を変えずに、対象物17を矢印18の方向に移動すると、焦点の合う位置が20b、20c、20dと移動するため、得られる画像は、図4(a)、図4(b)、図4(c)、図4(d)のようになる。図4(a)の斜線の領域が、対象物17の表面の合焦した画像を示しており、それ以外の領域では、結像しないため暗い。図4(b)、図4(c)、図4(d)も同様である。

【0036】次に、図4(a)、図4(b)、図4(c)、図4(d)の同一画素位置の輝度値を比較する。もっとも輝度の高い値をその画素位置の輝度とする。この処理により、複数の画像に分かれていた焦点の合った画像の部分が合成され、図4の(e)の合成画像のように、広い領域で焦点のあった画像が得られる。したがって、対物レンズ3の光軸方向に、対象物17の表面全面で焦点の合う領域が存在するように移動すれば、対象物17の全表面の合焦した画像を得ることが可能となる。すなわち、対物レンズ3の光軸方向の対象物17の表面の厚み分移動すればよいことになる。

【0037】上記のような共焦点光学系3による撮像方法を含む、第1の実施の形態の動作を説明する。図1に示した磁気ヘッドの検査装置において、まず第1の動作として、制御装置12からステージコントローラ11を介して、XYステージ6を駆動し、磁気ヘッド1のギャップ近傍の法線方向と対物レンズ3の光軸が一致する位置に移動する。磁気ヘッド1のギャップ近傍の法線方向は、図13のZ軸方向とほぼ一致する方向である。なお、Z方向の初期設置位置は、磁気ヘッド1のギャップ近傍に対物レンズ3の焦点が合う位置とする。

【0038】第2の動作は、制御装置12から画像蓄積装置8を介してテレビカメラ5を駆動して、磁気ヘッド1の画像を撮像し、画像蓄積装置8に記憶する。ここで、磁気ヘッド1の検査面は、照明装置2により照明されている。また、テレビカメラ5は、共焦点光学手段4と対物レンズ3を通して、磁気ヘッド1の像を観測できる。

【0039】第3の動作として、制御装置12からステージコントローラ11を介して、Zステージ7を駆動し、磁気ヘッド1を対物レンズ3の光軸方向に移動させる。移動量は、対物レンズの焦点深度以下の距離であ

$$M(X, Y) = \text{MAX} \{P_1(X, Y) \cdots P_k(X, Y)\} \quad (1)$$

第5の動作として、第4の動作で得られた合成画像を、欠陥検出装置10が受け取り、割れなどの欠陥検査を実施する。このように、画像処理装置9により得られた画像の全面で焦点の合った画像となるため、焦点ぼけにより欠陥を見逃すことを防ぐことができる。

【0042】さらに、磁気ヘッド1の検査面の厚みは、図13の(a)の斜視図に示したように、ギャップ48の法線方向の厚みが最も小さい。したがって、移動手段による移動方向を、拡大光学手段の光軸方向と、ギャップ近傍の法線方向に一致させることにより、単一のギャップを有する磁気ヘッドにおいては、画像の撮像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。

【0043】以下、この発明の第2の実施の形態について、図5を参照しながら説明する。第2の実施の形態における装置構成は、第1の実施の形態と同様であるため省略する。第2の実施の形態においては、検査対象の磁

$$N_b = W_b / d$$

となる。dはコンビヘッド21の移動量である。

【0046】一方、軸24aは、ヘッドチップ22aとヘッドチップ22bのギャップ近傍の法線方向を均等分すなわち2等分する方向である。24aと対物レンズ3

$$N_a = W_a / d$$

となる。

【0047】したがって、 $W_a < W_b$ であるため、 $N_a < N_b$ となり、軸24aの方向と対物レンズ3の光軸とを一致させると画像撮像枚数を減らすことができる。このため、図5に示したようなコンビヘッド21における

ばよい。移動方向は、例えば磁気ヘッド1が対物レンズ3に近づく方向である。以下、第2の動作と第3の動作を繰り返すことにより、画像蓄積装置8に複数の画像が蓄積される。繰り返し回数は、対物レンズ3の光軸方向における、磁気ヘッド1の検査面の厚み分を、焦点深度以内の1回の移動量で除算した回数である。

【0040】第4の動作として、制御装置12からの指令で、画像処理装置9が、画像蓄積装置8から複数の画像を呼び出し、同一画素位置において、もっとも輝度の高い輝度値をその画素位置の輝度値とする処理を実施して、磁気ヘッド1の検査面全面で焦点のあった合成画像（図示せず）を作成する。すなわち、画像蓄積装置8に記憶された複数の画像の輝度値を、 $P_i(X, Y)$ とする。ここで、iはi番目の移動により得られた画像であることを示し、X、Yは、画像上の画素位置を示す（ $X, Y = 1 \sim n$ ）。画像の撮像枚数をk枚とし、合成画像の輝度値を $M(X, Y)$ とすると、式(1)のような処理を画像全体に行うことにより、合成画像を得ることができる。

【0041】

磁気ヘッド1が、複数ある場合であり、2つのギャップを有するいわゆるコンビヘッドの場合について説明する。

【0044】図5がコンビヘッド21の構成を示した模式図である。ここで、22a、22bがヘッドチップであり、それぞれ信号の記録再生を行うギャップを有する。23がヘッドベースである。ヘッドベース23に2個のヘッドチップ22a、22bが装着されている。以下、図1、図5を用いて第2の実施の形態の磁気ヘッド1の検査装置の動作を説明する。

【0045】図5の24bが、ヘッドチップ22aのギャップ近傍の法線方向である。対物レンズ3（図1）の光軸方向と24bの方向とを一致させた場合に、検査するチップは、22a、22bの二つあるため、両者の検査面の画像を一度に得るためには、対物レンズ3の光軸方向の検査面の厚みである W_b 分の移動が必要である。ここで、画像撮像枚数を N_b とすると、

$$(2)$$

の光軸とを一致させると、図5のように、対物レンズ3の光軸方向の検査面の厚みは、図5の W_a となり、画像撮像枚数を N_a とすると、

$$(3)$$

ヘッドチップ22a、22bの配置の場合には、軸24aの方向が最小の撮像枚数となる方向である。そこで、以下のような動作により検査を行う。

【0048】まず第1の動作として、コンビヘッド21を、制御装置12からステージコントローラ11を介し

て、XYステージ6を駆動し、図5の軸24aと対物レンズ3の光軸が一致する位置に移動する。Z方向の初期設置位置は、ヘッドチップ22aもしくは22bの表面上で、最も対物レンズ3に近い位置に、対物レンズ3の焦点が合う位置とする。

【0049】以上のような位置に設置後、第1の実施の形態の第2、第3、第4、第5の動作を行う。以上の動作により、複数のヘッドチップ22a、22bを有するコンビヘッド21の場合にでも、対物レンズ3の光軸方向の検査面の厚みを最小にする方向に磁気ヘッド1を設

置することにより、最小の撮像画像枚数で、すべてのヘッドチップ表面の焦点の合った画像を得ることが可能である。

【0050】以下、この発明の第3の実施の形態について、図6および図7を参照しながら説明する。図6がこの発明の第3の実施の形態の磁気ヘッドの検査装置の概略を示した図である。図6において、図1と同様のものについては説明を省略する。25がコンピュータであり、内部にCPU、メモリ（記憶装置：図示せず）などを内蔵しており、メモリに記憶されたプログラムに

応じて、動作を実施する。

【0051】図7がこの実施の形態の動作を示したフローチャートである。図5のコンピュータ25に記憶されたプログラムとして実行される。以下、図6、図7および説明のために、図5を用いて動作を説明する。図6のコンピュータ25を動作させ、まず最初に、図7の工程26のように、検査する磁気ヘッド1の種類を選択する。検査する磁気ヘッド1が、1つのギャップしか有しない場合には、NO、複数のギャップを有する場合には、YESを選択する。

【0052】すると、NOの場合には、27の設置工程1に進む。ここで、コンピュータ25から制御信号が発せられ、図6のXYステージ6を駆動し、磁気ヘッド1の検査面のギャップ近傍の法線方向と対物レンズ3の光軸とが一致する位置に磁気ヘッド1を設置する。工程26でYESを選択した場合には、28の設置工程2にすすみ、磁気ヘッド1を所定の位置に設置する。設置位置は、第2の実施の形態で示したように、コンビヘッドの場合には、図5の位置の軸24aと対物レンズ3の光軸が一致する位置に、磁気ヘッド1を設置する。いずれの場合も、第1の実施の形態および第2の実施の形態で説明したように、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッド1の検査面の厚みが最小になる方向に、磁気ヘッド1を設置する。

【0053】続いて、移動工程29として、図6のコンピュータ25から、Zステージ7に制御信号を送り、対物レンズ3の焦点深度以内の距離を、対物レンズ3の光軸方向に移動する。次に、画像蓄積工程30として、コンピュータ25からテレビカメラ5に信号を送り、画像を撮像する。得られた画像は、コンピュータ25の内部

のメモリに蓄積される。

【0054】ここで、磁気ヘッド1の種類に応じて、あらかじめ定められた撮像枚数分、移動工程29と画像蓄積工程30を繰り返す。このため工程31でヘッド全面撮像か（OK）、否か（NG）かを判断する。なお、撮像枚数は、磁気ヘッド1の検査面全面を撮像できる値としてあらかじめ計算されており、コンピュータ25に記憶されている。

【0055】続いて、31のループの分岐がOKとなると、画像作成工程32に進み、メモリに記憶された複数枚の画像から検査面の検査画像を作成するが、ここではコンピュータ25に記憶されている画像をCPUに呼び出し、同一画素での最大輝度値をその画素の輝度値とする処理を行う。結果として得られた画像を欠陥検出工程33に送り、割れなどの欠陥検出を行う。

【0056】このように、第3の実施の形態においては、磁気ヘッド1の検査面の全面における合焦点画像を得ることができ、欠陥の見逃しを防ぐことができる。また、磁気ヘッド1の種類関係なく、適切な位置に設置することが可能である。以下、この発明の第4の実施の形態について、図8から図11を参照しながら説明する。図8がこの発明の磁気ヘッド1の検査装置の概略図である。図5と同様のものについては、説明を省略する。34が、対物レンズ3の倍率切り換え装置である。回転円盤状に複数の倍率の対物レンズ3が取り付けられ、円盤の回転により動作レンズを変えることができる。すなわち、第4の実施の形態は、拡大光学手段が、磁気ヘッド1の検査面の拡大像を得る切り換え可能な複数の拡大倍率手段を有するものであり、磁気ヘッド1の検査面の位置により、拡大光学手段を切り換える倍率設定工程を設けたものである。

【0057】図9が、一定倍率で撮像時の撮像領域を示した説明図である。磁気ヘッド1の検査面が35、ギャップが48である。高倍率の狭い領域を撮像する場合に、検査面35のほぼ全面をとらえるためには、36a、36b、36c、36d、36e、36fまでの7枚の画像が必要であることを示している。図10が、第4の実施の形態の撮像領域を示した説明図である。37が高倍率時の撮像領域、38が低倍率時の撮像領域である。

【0058】図11が、第4の実施の形態の動作を示したフローチャートである。図8のコンピュータ25に記憶したプログラムとして実行される。以下、図8、図9、図10、図11を用いて動作を説明する。図11のフローチャートにおいて、まず工程39において、検査領域が、図10のギャップ48近傍であるかを入力する。ここで、ギャップ48の近傍であれば、40の倍率設定工程1において、図8のコンピュータ25から倍率切り換え装置34に信号を送り、対物レンズ3の倍率を高倍率とする。一方、検査面全体の場合には、41の倍

率設定工程 2 において、図 8 のコンピュータ 2 5 から倍率切り換え装置 3 4 に信号を送り、対物レンズ 3 を低倍率とする。続いて 4 2 の設置工程では、検査する場所がギャップ 4 8 の近傍の場合には、ギャップ 4 8 の位置を対物レンズ 3 の光軸上に設置し、かつギャップ 4 8 の法線方向と対物レンズ 3 の光軸方向が一致するように設置する。検査面全体の場合には、図 1 0 の 3 5 の検査面の X 方向センタが、対物レンズ 3 の光軸上に位置し、かつギャップ 4 8 の法線方向と対物レンズ 3 の光軸方向が一致するように設置する。

【0059】以下、図 1 1 における 2 9 の移動工程、3 0 の画像蓄積工程、3 1 の分岐、3 2 の画像作成工程、3 3 の欠陥検出工程については、第 3 の実施の形態と同様であるため説明を省略する。図 9 のように一定倍率の場合には、7 枚の画像を撮像しなければならないのに対して、第 4 の実施の形態では、図 1 0 の検査面 3 5 のうち、高倍率を必要とすギャップ 4 8 近傍の画像 3 7 と、低倍率でよい検査面全面の画像 3 8 の 2 枚で必要な検査を実施することが可能であり、撮像時間を大幅に短縮することが可能である。

【0060】なお、第 3 の実施の形態および第 4 の実施の形態では、コンピュータ 2 5 を用いて制御を実施したが、全体として同様な制御を可能とする他の複数の装置を用いても、同様の効果が得られることは明らかである。また、第 4 の実施の形態に、第 3 の実施の形態の設置工程 1 および設置工程 2 を選択する工程を組み入れることは可能である。

【0061】以下、この発明の第 5 の実施の形態について、図 1 2 を参照しながら説明する。この発明の第 5 の実施の形態における装置構成は、図 6 と同じであるため説明を省略する。図 1 2 が、第 5 の実施の形態の動作を示したフローチャートである。図 5 のコンピュータ 2 5 に記憶されたプログラムとして実行される。第 5 の実施の形態は、画像蓄積工程 4 3 により得られた複数枚の画像において、注目する画素における輝度値が最も高い値

$$H(X, Y) = W \times S(X, Y) \quad (4)$$

このように、各画素位置での合焦点となる画像を特定することで、そのときの移動量から、磁気ヘッド 1 の形状を測定することが可能になり、欠陥検出のための画像を作成と同時に形状の測定も可能となった。

【0066】さらに、4 6 の形状差演算工程では、4 5

$$G(X, Y) = H(X, Y) - H_a(X, Y) \quad (5)$$

ここで、形状差 $G(X, Y)$ は、加工上の誤差や組立中の変形などにおける欠陥により生じる場合と、一時的にはこりとして付着したもの（すなわち良品）が検出される場合がある。したがって、形状差が生じる場合をすべて不良品として判断すると、ほこりの影響による微小な形状差も不良として判断してしまうことになる。

【0067】そこで、4 7 の形状検査工程では、形状差 $G(X, Y)$ の最大値が所定のしきい値 E_1 以上の場

を取る画像に対応する移動工程 2 9 における移動量を求めることにより、磁気ヘッド 1 の検査面の形状を形状測定手段により得る形状測定工程 4 5 を設けている。また形状測定工程 4 5 より得られた磁気ヘッド 1 の検査面の形状と、磁気ヘッド 1 の検査面の設計形状とを比較して形状差を形状差演算手段により検出する形状差演算工程 4 6 と、形状差演算工程 4 6 により得られた形状差の大きさおよび形状差が生じた領域の大小の少なくとも一方により、磁気ヘッド 1 の良否を形状検査手段により判断する形状検査工程 4 7 を設けている。

【0062】以下、この発明の第 5 の実施の形態について、図 6 および図 1 2 を用いて説明する。図 1 2 の、4 3 の画像蓄積工程 2、4 4 の画像作成工程 2、4 5 の形状測定工程、4 6 の形状差演算工程、4 7 の形状検査工程以外は、第 3 の実施の形態と同様であり、説明を省略する。

【0063】図 1 2 の 4 3 の画像蓄積工程 2 においては、画像自体の輝度値の記憶に加えて、2 9 の移動工程で得られた移動回数を記憶する。記憶場所は、図 5 のコンピュータ 2 5 の内部の記憶装置（図示せず）を用いる。ここで、画像の輝度値を、 $P_i(X, Y)$ とする。ここで、 i は i 番目の移動により得られた画像であることを示し、 X, Y は、画像上の画素位置を示す（ $X, Y = 1 \sim n$ ）。4 3 の画像蓄積工程 2 では、画像の輝度値、 $P_i(X, Y)$ と同時に i も記憶する。

【0064】次に、4 4 の画像作成工程 2 では、式（1）に示した処理を画像全体に行う。すなわち、画素位置（ X, Y ）において、複数の画像中で最も輝度が高い値を、その画素の輝度値とする。加えて、画素位置（ X, Y ）において、最も高い輝度値となった画像に対応する移動回数 i を $S(X, Y)$ とする。

【0065】ここで、移動工程 2 9 での等ピッチの移動量 W とすると、4 5 の形状測定工程では、画素位置（ X, Y ）における高さ $H(X, Y)$ を、式（4）より求めることができる。

この形状測定工程で得られた高さ $H(X, Y)$ と、図 6 のコンピュータ 2 5 にあらかじめ記憶されている設計上の高さ $H_a(X, Y)$ の差を比較し形状差 $G(X, Y)$ を得る（式（5））。

合、または形状差 $G(X, Y)$ が 0 でない部分の領域の大きさが、所定のしきい値 E_2 以上の場合を不良とすることにより、ほこりの影響を除去した形状検査を可能とした。 E_1, E_2 は、作業者が適切な値を設定し、あらかじめプログラムに記憶されている。

【0068】さらに、形状検査工程 4 7 と欠陥検出工程 3 3 の結果を比較し、形状と、外観の欠陥との関係から、欠陥の種類、状態を判別することも可能である。た

例えば、割れと糸ほこりは、外観上では同じく線状の欠陥と検出されるが、割れは凹形状であり糸ほこりは凸形状であるため、分離が可能である。なお、第 5 の実施の形態では、コンピュータ 2 5 を用いて制御を実施したが、全体として同様な制御を可能とする他の複数の装置を用いても同様の効果が得られることは明らかである。

【 0 0 6 9 】

【発明の効果】請求項 1 記載の検査方法によれば、画像作成工程により得られた画像の全面で焦点の合った画像となり、欠陥検出工程において、焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。したがって、検査面が平面でない磁気ヘッド等の欠陥検査を正確に行なえる。

【 0 0 7 0 】請求項 2 記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項 1 と同様に画像作成工程により得られた画像の全面で焦点の合った画像となり、欠陥検出工程において、焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。さらに、移動工程による移動方向を、拡大光学手段の光軸方向をギャップ近傍の法線方向に一致させたため、単一のギャップを有する磁気ヘッドにおいては、画像の撮像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。

【 0 0 7 1 】請求項 3 記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項 2 と同様に、撮像された画像の全面で焦点の合った画像を得ることができ、欠陥検出時に焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。それとともに、単独の磁気ヘッドに複数のギャップを有する場合に、拡大光学手段の光軸方向の磁気ヘッドの検査面の厚みを最小にする位置に磁気ヘッドを設置することにより、画像の撮像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。したがって、磁気ヘッドが複数の

【 0 0 7 2 】請求項 4 記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項 2 と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査領域における欠陥対象の大きさに応じて拡大倍率を変えることにより、検査領域に最適な倍率で検査のための画像が得られるため、微小な欠陥の見逃しを防ぐことができるとともに、画像の枚数を少なくすることができる。

【 0 0 7 3 】請求項 5 記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項 2 と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査面上で最も小さい欠陥を検出する必要のあるギャップ近傍を撮像する場合に高倍率を用いて詳細な分解能の画像を取得し、他の領域では低倍率を用いて、広い領域を一度に撮像することにより、検査のために必要な画像の撮像枚数を減らし、撮像時間を短縮することが可能である。

【 0 0 7 4 】請求項 6 記載の磁気ヘッドの検査方法によ

れば、請求項 2 と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査のための画像を作成すると同時に磁気ヘッドの形状も同時に得ることができるため、検査の表面状態ばかりでなく、形状も検査することが可能となり、より厳密な検査が可能となる。請求項 7 記載の磁気ヘッドの検査方法によれば、請求項 6 と同様な効果のほか、磁気ヘッドを測定して得られた形状と設計形状とを比較し、形状差の大小と形状差の生じた領域の大きさも同時に得ることができる。そのため、本来の加工誤差による形状差であるか、検査中に付着したゴミなどによるノイズによるものなのかを判別することが可能である。さらに、形状差のデータと画像欠陥データを用いて、欠陥の分析を行うことも可能である。したがって、磁気ヘッドの形状の検査時に形状差の特徴から、ほこりなどのノイズによる影響を除去することにより、誤判定の少ない形状検査を行うことが可能となった。また磁気ヘッドの形状の検査と検査面の外観の検査から、欠陥の種類や状態を推定することが可能となった。

【 0 0 7 5 】請求項 8 記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、画像作成手段により得られた画像の全面で焦点の合った画像を得ることができ、欠陥検出手段において焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。さらに、移動手段による移動方向を、拡大光学手段の光軸方向と、ギャップ近傍の法線方向に略一致させたため、単一のギャップを有する磁気ヘッドにおいては、画像の撮像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。

【 0 0 7 6 】請求項 9 記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項 8 と同様な効果のほか、撮像された画像の全面で焦点の合った画像を得ることができ、欠陥検出手段において焦点ぼけによる欠陥見逃しを防ぐことができる。また、単独の磁気ヘッドに複数のギャップを有する場合において、拡大光学手段の光軸方向における磁気ヘッドの検査面の厚みを最小とする方向に、磁気ヘッドを設置する設置手段を有することにより、画像の撮像枚数を最小限にし、短時間で画像を撮像し検査することが可能である。

【 0 0 7 7 】請求項 1 0 記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項 8 と同様な効果のほか、磁気ヘッドの検査面上の場所により拡大倍率を切り換えることができ、検査面の場所における欠陥対象の大きさに応じて、最適な拡大倍率を用いることが可能となり、微小な欠陥の見逃しを防ぐことができるとともに、画像の枚数を少なくすることができる。

【 0 0 7 8 】請求項 1 1 記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項 8 と同様な効果のほか、磁気ヘッドの形状も同時に得ることができ、検査の表面状態ばかりでなく、形状も検査することが可能となり、より厳密な検査が可能となる。請求項 1 2 記載の磁気ヘッドの検査装置によれば、請求項 1 1 と同様な効果のほか、測定して得

られた磁気ヘッドの形状と設計形状とを比較することにより、形状差の大小と形状差の生じた領域の大きさも同時に得ることができる。そのため、本来の加工誤差による形状差であるか、検査中に付着したゴミなどによるノイズによるものなのかを判別することが可能である。さらに、形状差のデータを、欠陥検査手段に送ることにより、欠陥の分析も可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の第 1 の実施の形態における磁気ヘッドの検査装置の概略図である。

【図 2】第 1 の実施の形態における磁気ヘッドの検査装置の動作を説明するための模式図である。

【図 3】第 1 の実施の形態における共焦点光学系と測定対象の位置を説明するための模式図である。

【図 4】第 1 の実施の形態におけるテレビカメラにより撮像された画像の説明図である。

【図 5】第 2 の実施の形態におけるコンビヘッドの構成を示した模式図である。

【図 6】第 3 の実施の形態における磁気ヘッドの検査装置の概略図である。

【図 7】第 3 の実施の形態における動作を示したフローチャートである。

【図 8】第 4 の実施の形態における磁気ヘッドの検査装置の概略図である。

【図 9】一定倍率で撮像した時の撮像領域を示した説明図である。

【図 10】第 4 の実施の形態における撮像領域を示した説明図である。

【図 11】第 4 の実施の形態における動作を示したフローチャートである。

【図 12】第 5 の実施の形態における動作を示したフローチャートである。

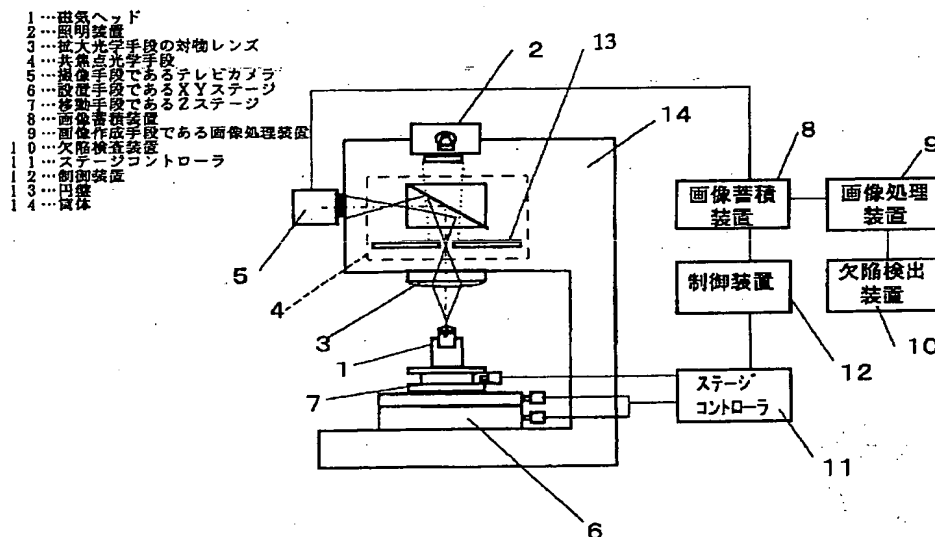
【図 13】検査対象の磁気ヘッドを示し、(a) は斜視図、(b) は平面図である。

【図 14】磁気ヘッドの検査面の等高線に対応する干渉縞を示す説明図である。

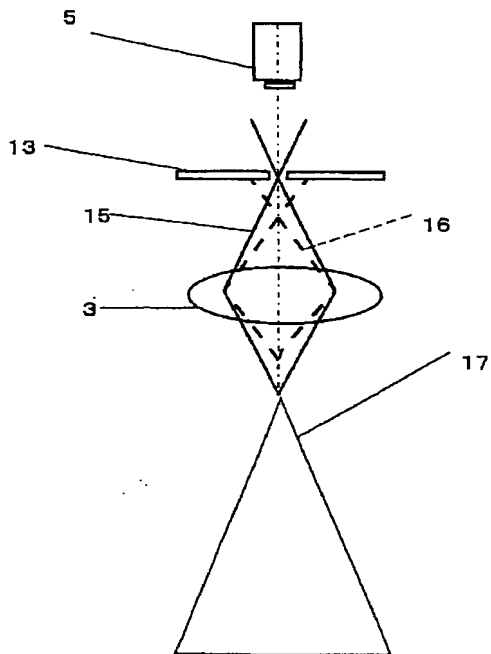
【符号の説明】

- | | |
|----|-----------------|
| 1 | 磁気ヘッド |
| 2 | 照明装置 |
| 3 | 拡大光学手段の対物レンズ |
| 4 | 共焦点光学手段 |
| 5 | 撮像手段であるテレビカメラ |
| 6 | 設置手段である XY ステージ |
| 7 | 移動手段である Z ステージ |
| 8 | 画像蓄積装置 |
| 9 | 画像作成手段である画像処理装置 |
| 10 | 欠陥検査装置 |
| 11 | ステージコントローラ |
| 12 | 制御装置 |
| 13 | 円盤 |
| 14 | 筐体 |

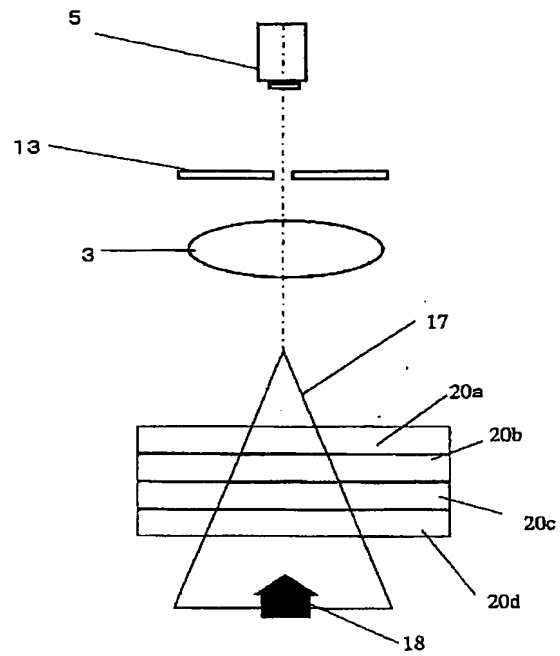
【図 1】



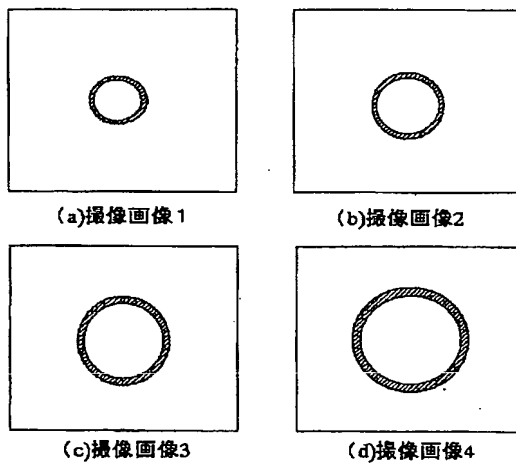
【図 2】



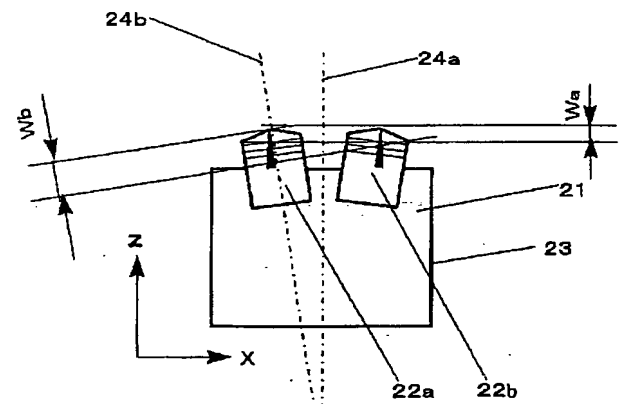
【図 3】



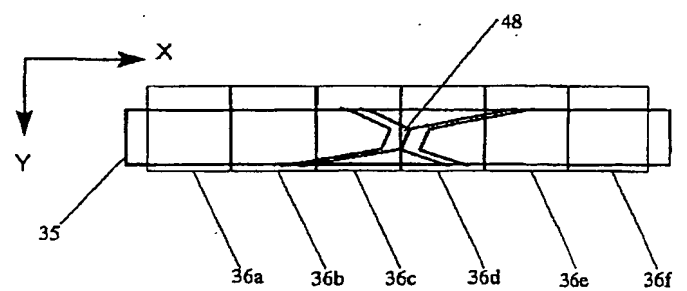
【図 4】



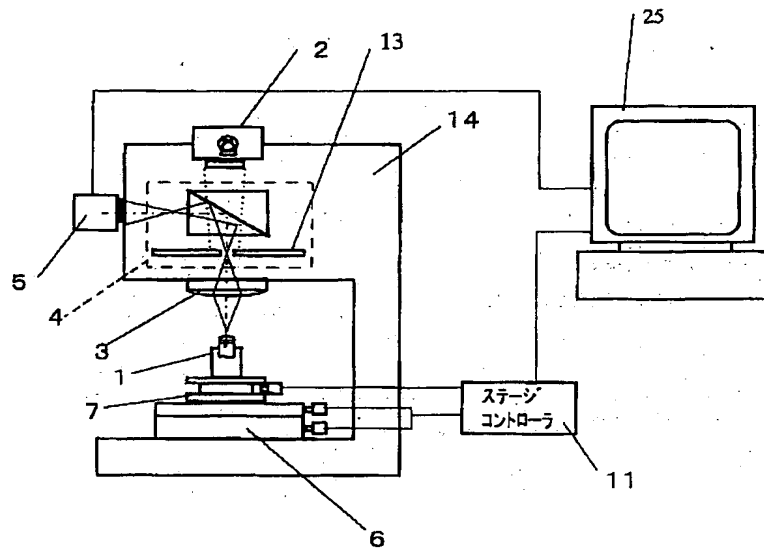
【図 5】



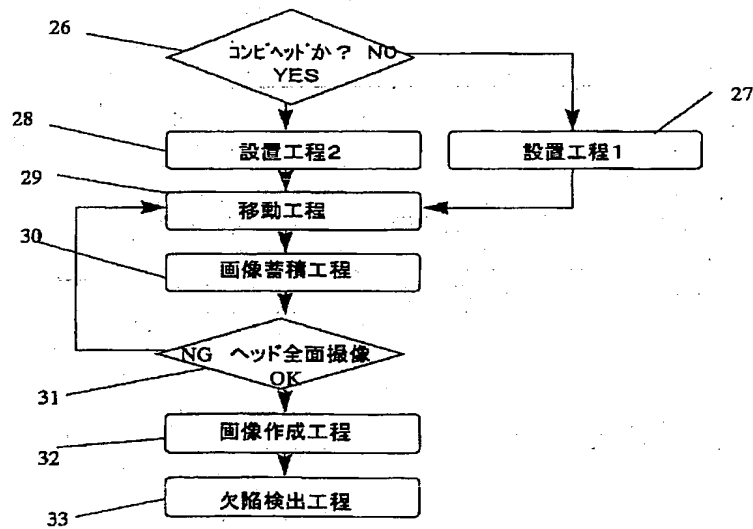
【図 9】



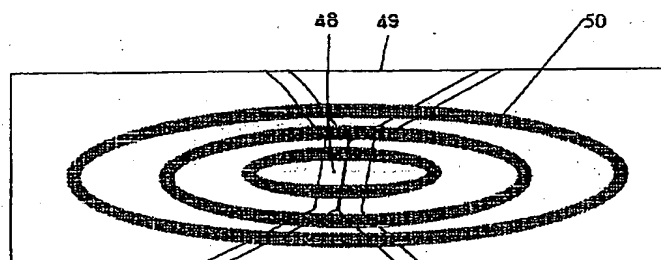
【図 6】



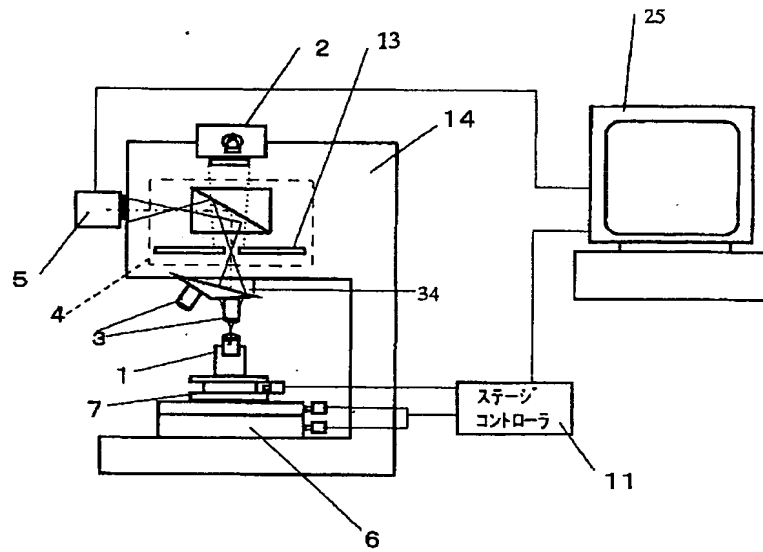
【図 7】



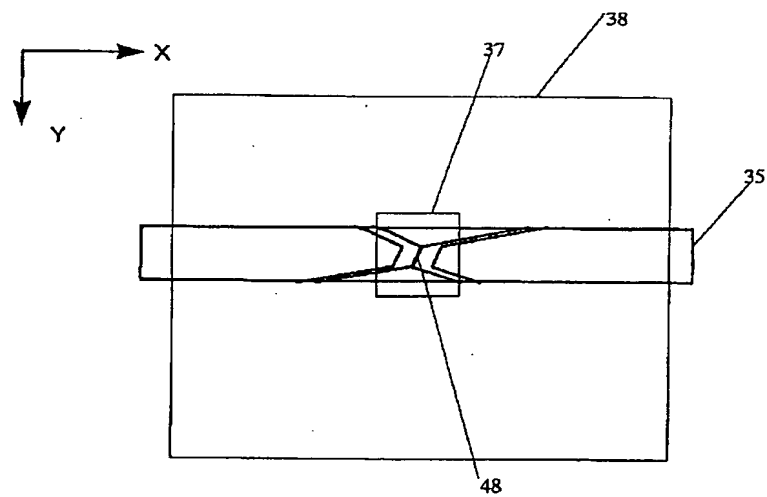
【図 1 4】



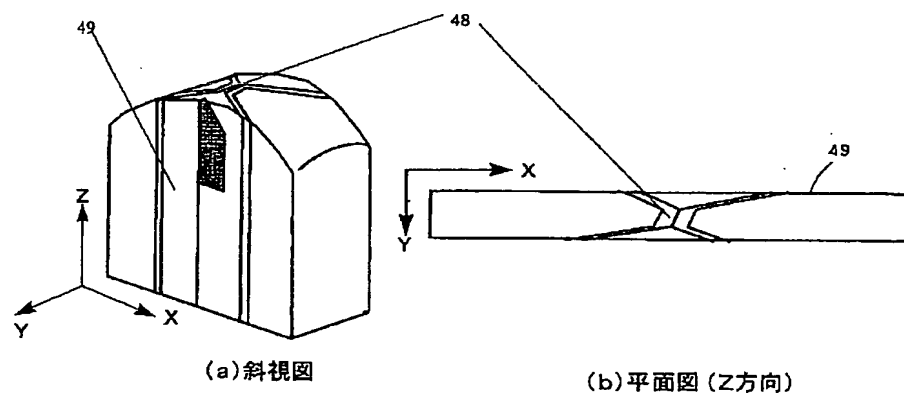
【図 8】



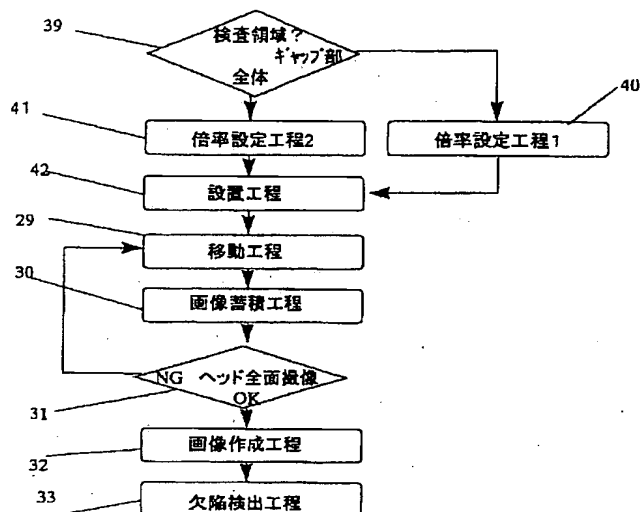
【図 10】



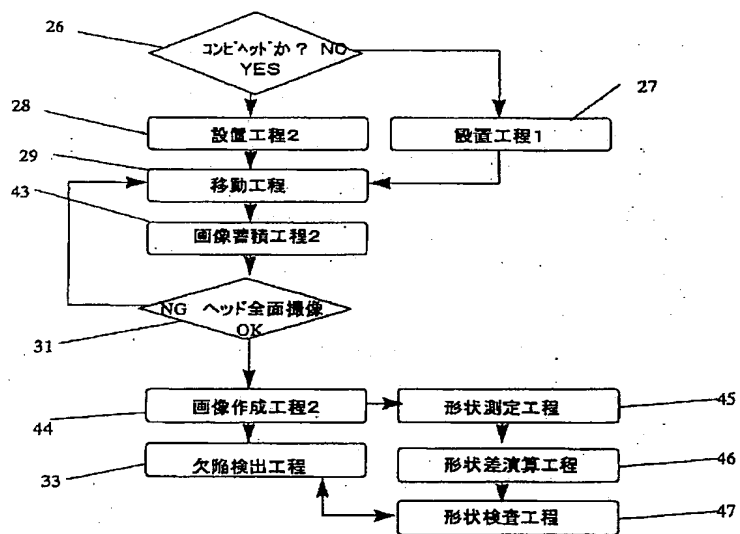
【図 13】



【図11】



【図12】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)